



ANALISIS PEMANFAATAN SISTEM PENGENDALI DAN *MONITORING* BEBAN PADA KWH METER PRABAYAR R-1 BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

Sri Handayani¹⁾, Zulfahri²⁾, David Setiawan^{*3)}, Marzuarman⁴⁾

^{1),2),3)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

⁴⁾ Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis
Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis Telp. (766) 24566

Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis

Email: srihandayani684@gmail.com, zulfahri@unilak.ac.id, desetia@unilak.ac.id, marzuarman@polbeng.ac.id

Dikimkan: 20 Maret 2023.

Direvisi: 03 Agustus 2024.

Diterima: 17 Agustus 2024.

Abstrak

Energi listrik merupakan objek vital dalam aktivitas manusia dan kita melihat berbagai aktivitas manusia sangat bergantung pada listrik. Namun kita harus bijak dalam memanfaatkan energi listrik agar nilai efisiensinya tidak terjadi pemborosan. Sebelumnya sudah dilakukan penelitian terkait pemantauan penggunaan energi listrik dengan memanfaatkan sensor PZEM-004T dan dengan menggunakan *platform web* untuk menampilkan data-data yg di-*monitoring*. Penelitian tersebut baru sampai ketahap *monitoring* dan belum sampai ke tahap pengontrolan. Pada penelitian ini penulis ingin membuat sebuah sistem pengendalian dan *monitoring* pada kWh meter Prabayar R-1 agar beban bisa dikendalikan dan di-*monitoring* secara manual dan otomatis berbasis *internet of things* menggunakan aplikasi *blynk*. Sistem ini didesain menggunakan nodeMCU ESP8266, arduino uno, PZEM004T, LCD 20x4, *keypad*, *buzzer*, modul *relay* dan modul mini UPS. Pengujian dilakukan membandingkan alat *multifunction* dengan alat *monitoring* yang dibuat dengan tingkat akurasi yang diperoleh sebesar 99,32%. Alat *monitoring* ini memiliki tingkat erornya sangat rendah dan sangat cocok digunakan sebagai alat *monitoring* dan pengontrolan pemakaian energi listrik. Jika ingin mendapatkan hasil yang lebih maksimal, pengujian bisa dilakukan dalam waktu yang lebih lama dan variasi beban lebih banyak lagi serta tampilan *widget box* perlu di *upgrade* ke akun premium untuk mendapatkan fitur-fitur lebih banyak lagi pada tampilan aplikasi *blynk*.

Kata kunci: *Monitroing*, kWh Prabayar, *Internet of things*, PZEM004T, *blynk*.

Abstract

Electrical energy is a vital object in human activities and we see that various human activities are very dependent on electricity. However, we must be wise in utilizing electrical energy so that the efficiency value is not wasted. Previously, research had been carried out related to monitoring electrical energy use by utilizing the PZEM-004T sensor and by using a web platform to display the monitored data. This research has only reached the monitoring stage and has not yet reached the control stage. In this research, the author wants to create a control and monitoring system for the R-1 prepaid kWh meter so that the load can be controlled and monitored manually and automatically based on the internet of things using the blynk application. This system is designed using nodeMCU ESP8266, Arduino Uno, PZEM004T, LCD 20x4, keypad, buzzer, relay module and mini UPS module. Tests were carried out comparing the multifunction tool with the monitoring tool that was made with an accuracy level of 99.32%. This monitoring tool has a very low error rate and is very suitable for use as a tool for monitoring and controlling electrical energy usage. If you want to

get maximum results, testing can be done for a longer time and with more load variations and the widget box display needs to be upgraded to a premium account to get more features on the blynk application display.

Keywords – Monitoring, prepaid kWh, internet of things, PZEM004T, blynk

PENDAHULUAN

Semakin banyaknya penggunaan peralatan elektronik secara bersamaan dan membiarkan hidup secara terus menerus dapat menyebabkan besarnya energi listrik yang terpakai. Hal ini sering terjadi ketika pemilik rumah lupa mematikannya dan posisi pemilik rumah tidak berada ditempat atau sedang keluar kota. Untuk menghindari hal tersebut pemilik rumah harus bisa memajemen penggunaan energi listrik serta alat *monitoring* penggunaan energi listrik agar lebih efisien dan terkendali dikarenakan pemilik rumah tidak bisa memprediksi kapan token listriknya akan habis secara pasti sehingga terjadi pemadaman aliran listrik secara tiba-tiba.

Membahas tentang pengendalian dan juga pemantauan terhadap alat elektronik yang digunakan agar konsumen dapat mengetahui dan melihat arus daya listrik yang diperlukan dari setiap peralatan elektronik bisa menggunakan komponen seperti ESP8266 yang berfungsi sebagai mikrokontroler dan sensor PZEM-004T [1][2] yang berfungsi sebagai sensor pembaca arus, tegangan, energi, daya, cos phi dan frekuensi dengan menggunakan *platform web* untuk menampilkan data-data yang akan di-*monitoring* [3][4]. Pemantauan konsumsi energi yang lebih akurat jika terjadi beban listrik lebih tinggi dan untuk pemantauan melalui internet memerlukan mikrokontroler dan sensor pendukung untuk pengumpulan data, misalnya sensor ACS712 untuk pengukuran arus listrik, ZMPT101 untuk pengukuran tegangan. sensor dan kemudian perangkat untuk menerima data dari sensor tersebut dengan mikrokontroler Atmega-328 berupa Arduino UNO. Data mikrokontroler disimpan dalam *database cloud* dan dapat ditampilkan secara *real time* di *web* atau di *smartphone* melalui internet [5].

Pada penelitian ini penulis ingin membuat sebuah sistem Analisis pemanfaatan sistem pengendali dan *monitoring* beban pada kWh meter Prabayar berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan tujuan untuk mempermudah konsumen dalam *me-monitoring* kWh yang tersedia ketika pengisian pulsa (token) listrik, *me-monitoring* kWh yang telah terpakai, *me-monitoring* kWh yang tersisa dan jumlah pulsa (Rp) yang telah digunakan dengan efektif dan efisien. Untuk membuat sistem ini penulis menggunakan Sensor PZEM-004T sebagai sensor arus listrik (I), tegangan (*Volt*), Daya (P), dan faktor daya (cos phi), mikrokontroler ESP8266 yang berbasis *Internet of Things* (IoT), kemudian Melalui LCD 20x4 dan melalui aplikasi *blynk* di ponsel konsumen, informasi penggunaan listrik, kWh tersedia, kWh terpakai, sisa kWh dan jumlah pulsa terpakai (Rp). Alat ini juga bisa mengendalikan pemakaian beban listrik yang berlebih secara otomatis dan bisa dikendalikan secara manual dalam kondisi jarak jauh. Selain itu, sistem atau alat ini juga bisa memberikan laporan atau pemberitahuan terkait total keseluruhan pemakaian energi listrik yang digunakan. Penulis menginginkan tingkat keakurasian alat yang akan dibuat bisa mencapai 98%.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini menjelaskan tinjauan literatur dari penelitian sebelumnya. Selain itu juga membahas tentang landasan teori penelitian yang dilakukan saat ini.

A. Studi Literatur

Pada penelitian sebelum oleh [1] membahas tentang pengendalian dan pemantauan pada alat elektronik yang biasa digunakan pada rumah tangga, sehingga konsumen dapat mengetahui total jumlah listrik yang dibutuhkan untuk perangkat elektronik tersebut. Pada penelitian ini digunakan komponen ESP32

sebagai otak atau mikrokontroler komponen utama perangkat dan sensor PZEM-004T sebagai sensor pembaca arus, tegangan, daya cos Phi dan juga sensor frekuensi. Penelitian ini hanya menggunakan *platform web* untuk menampilkan data yang akan di-*monitoring*.

Penelitian yang dibuat oleh [2] bertujuan untuk membuat sebuah alat *monitoring* energi listrik dengan menggunakan sensor PZEM-004T sebagai pendeteksi arus listrik, hasil pengukuran yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan alat ukur komersial *power meter* dengan tipe Hioki 3286-20 *clamp on power hitester* meter tang ampere meter. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah ESP32 dan sensornya adalah PZEM-004T.

Penelitian yang dibuat oleh [3] Tujuan dari penelitian ini yaitu membangun sebuah sistem atau alat yang dapat *me-monitoring* konsumsi energi listrik secara *real time*. Data yang di-*monitoring* tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik dan sistem ini juga dapat mengontrol penggunaan energi listrik secara jauh melalui *platform web*. Sensor yang digunakan pada sistem ini adalah sensor PZEM-004T yaitu untuk mengukur arus, daya, tegangan dan juga cos phi. Pengontrolan beban menggunakan *relay*, mikrokontroler pada penelitian ini adalah Arduino UNO yang mana sebagai pembaca dan pengirim data. Data yang dikirim dari Arduino diteruskan ke *Raspberry Pi* agar data tersebut bisa diolah ke halaman *web* sebagai tampilan *interface*.

Pada penelitian [4] membuat sebuah alat pengontrolan energi listrik menggunakan mikrokontroler Arduino *Uno*. Konsumen bisa mengendalikan pemakaian beban listrik *secara* terus menerus. Sebelum data diolah pada server, Arduino akan menerima data masuk yang dibaca oleh sensor AC712-20A. Lalu data tersebut akan diproses dan diolah pada *server*. Selain itu pada penelitian ini juga menggunakan sebuah *relay* yang berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus daya listrik ketika pulsa yang dimiliki tidak mencukupi.

Penelitian [5] membangun sebuah sistem *monitoring* pemanfaatan energi yang lebih spesifik (*sub-metering*) terhadap jenis beban listrik yang berlebih dan dapat di-*monitoring* menggunakan internet. Mikrokontroler dan sensor-sensor pendukung di butuhkan dalam pembuatan akuisisi data. Komponen yang digunakan yaitu berupa sensor ACS712 yang mana sensor ini merupakan modul sensor untuk mengukur arus listrik dan juga sensor tegangan ZMPT101. Kemudian otak atau perangkat utama untuk mengolah data-data dari sensor tersebut menggunakan Arduino UNO dengan *chip* mikrokontroler Atmega-328. Data dari mikrokontroler akan disimpan pada *database cloud* dan bisa ditampilkan secara terus-menerus di *platform web* ataupun di *smartphone* melalui koneksi jaringan internet.

Berdasarkan referensi penelitian terdahulu, pada penelitian ini penulis ingin membuat sebuah sistem Analisis pemanfaatan sistem pengendali dan *monitoring* beban pada kWh Meter Prabayar berbasis *Internet Of Things* (IoT) dengan tujuan untuk mempermudah konsumen dalam *me-monitoring* kWh yang tersedia ketika pengisian pulsa (token) listrik, *me-monitoring* kWh yang telah terpakai, *me-monitoring* kWh yang tersisa dan jumlah pulsa (Rp) yang telah digunakan dengan efektif dan efisien. Untuk membuat alat ini maka dibutuhkan sensor PZEM-004T yang berfungsi sebagai sensor pembaca arus listrik (I), tegangan (V), Daya (P) dan faktor daya (cos phi), mikrokontroler ESP8266 yang berbasis *Internet of Things* (IoT), kemudian Melalui LCD 20x4 dan aplikasi *blynk* yang ada di *smartphone* konsumen, memberikan informasi berupa pemakaian energi listrik, kWh yang tersedia, kWh yang telah terpakai, sisa kWh dan jumlah pulsa (Rp) yang telah terpakai. Alat ini juga bisa mengendalikan pemakaian beban listrik yang berlebih secara otomatis dan bisa dikendalikan secara manual dalam kondisi jarak jauh.

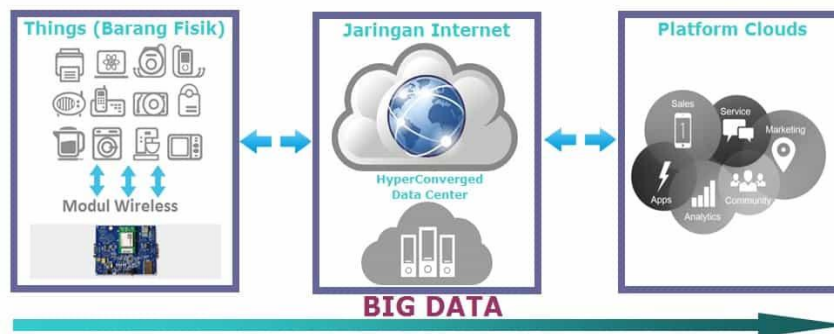
1. *Internet of Things*

Internet of things merupakan teknologi yang memanfaatkan koneksi internet yang saat ini semakin berkembang dan banyak diimplementasikan pada suatu benda atau alat elektronik sehingga manusia bisa

menggunakan atau berinteraksi secara langsung dengan alat tersebut seperti mengendalikan, mengirim atau mentransfer data serta dapat *me-monitoring* yang bisa dilakukan secara *real time* dari jarak jauh maupun jarak dekat [6]. Koneksi jaringan internet memang diperlukan pada tahap operasional suatu sistem IoT, yang biasanya digunakan untuk menjalin koneksi antar sistem untuk kemudian bertukar data dan informasi. Selain itu, komputer juga berperan penting dalam proses terciptanya sistem IoT yang memiliki fungsi tersendiri dalam menjalankan tugas. Jaringan Internet yang digunakan untuk membangun dan mengembangkan sistem IoT mempunyai persyaratan tertentu terhadap mikrokontroler, namun tidak semua mikrokontroler memiliki kemampuan Wi-Fi yang bisa digunakan untuk memudahkan komunikasi antar pihak dengan koneksi internet yang ada [7].

Internet of Things merupakan suatu konsep yang menghasilkan *output* berupa wujud fisik atau alat khusus, sehingga dapat dilakukan tidak hanya dengan menuliskan program-program yang diperlukan untuk memanfaatkan konsep IoT tersebut, namun dapat juga dilakukan dengan menggabungkan kelebihan dari seorang masinis. untuk menyelesaikan desain komponen atau alat. Tujuan dari sistem IoT adalah untuk meningkatkan fungsionalitas jaringan internet, tidak hanya untuk menghubungkan perangkat komunikasi khusus seperti laptop atau ponsel, tetapi juga untuk berbagi fungsionalitas jaringan internet untuk berbagai jenis perangkat elektronik. Alat yang memudahkan konsumen dalam mengendalikan suatu sistem atau sistem dari jarak jauh maupun dekat. Selain itu, internet yang terhubung ke mikrokontroler memiliki fitur khusus yang menciptakan jalur komunikasi yang memudahkan pertukaran informasi antara perangkat dan sistem yang berjalan sehingga fungsinya dapat berjalan lebih optimal [7].

Pada tahun 1999, Kevin Ashton mengenalkan *Internet of Things* saat presentasi di *Procter & Gamble* [8]. Alat pertama yang diluncurkan oleh Kevin Ashton adalah alat yang dapat mendeteksi *barcode* yang biasa digunakan untuk bertransaksi pada saat itu, kemudian dikembangkan kembali dengan menambahkan fungsionalitas pada bidang *monitoring* dan berbagai jenis penginderaan, sehingga memperluas apa yang dapat digunakan. Hal ini dapat dicapai melalui *Internet of Things* [9]. Terlihat pada saat ini perkembangan IoT telah berkembang hampir pada segala aspek, dan alat yang digunakan atau dikembangkan pun semakin beragam, mulai dari bentuk atau model hingga fungsi dari alat itu sendiri [10]. Oleh karena itu, pengembangan teknologi IoT merupakan bagian dari upaya menjaga relevansi sistem teknologi IoT.



Gambar 1. Konsep Suatu IoT
(Sumber: <https://mobnasesemka.com/internet-of-things/>)

Gambar 1 menunjukkan konsep-konsep terkait peran *Internet of Things* yang dapat menyederhanakan berbagai bidang yang ada. Tentunya setiap bidang yang terhubung dengan Internet of Things memerlukan jaringan atau internet yang merupakan inti dari berfungsinya sistem *Internet of Things*. Penerapan konsep IoT tentunya memerlukan penggunaan pihak kedua atas perintah yang diberikan konsumen kepada sistem, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk langsung dieksekusi [7].

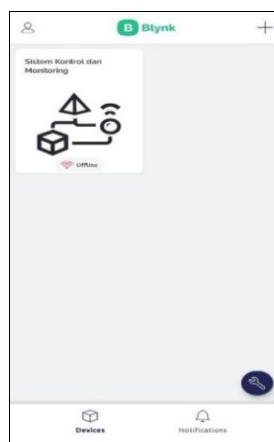
Pada penelitian ini diperlukan beberapa langkah atau proses yang akan dilakukan agar pelaksanaan penelitian

mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Mulai dari tahap awal, hingga ke tahap proses akhir dan selesai.

2. Software Blynk

Perangkat lunak *blynk* adalah *platform* iOS atau Android yang digunakan untuk mengontrol Arduino, *Raspberry Pi*, *Wemos* dan modul serupa lainnya melalui Internet. Program ini sangat mudah digunakan untuk pemula [11]. Aplikasi ini memiliki banyak fitur yang memudahkan penggunaannya dalam menggunakannya [12].

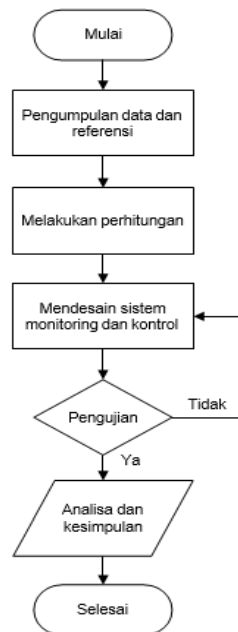
Blynk adalah sebuah aplikasi *interface* yang didesain menggunakan *smartphone android* atau *ios* untuk mengontrol suatu alat dengan jarak jauh selama sistem tersebut terkoneksi dengan jaringan internet. Aplikasi *blynk* juga bisa menampilkan data secara *real time* [13]. Selain bisa dikontrol atau di-*monitoring* menggunakan *android*, *blynk* juga bisa dikontrol atau di-*monitoring* melalui *website* <https://blynk.io/> dengan menggunakan laptop atau *Personal Computer* (PC).



Gambar 2. Tampilan aplikasi *blynk*

3. Flowchart

Berikut adalah *flowchart* proses dari penelitian yang ingin dilakukan. Setiap langkah merupakan faktor penentu langkah selanjutnya, karena harus dilakukan secara sistematis. Pada langkah ini diberikan gambaran tentang langkah-langkah penelitian yang sistematis untuk mempermudah penelitian itu sendiri.



Gambar 3. *Flowchart* Proses Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari *Flowchart* proses penelitian:

a. Pengumpulan data

Data dikumpulkan dengan tujuan untuk memperoleh informasi yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian. Data yang dikumpul berdasarkan referensi jurnal, penelitian terdahulu tentang rancang bangun kWh meter digital berbasis IoT, pengujian komponen dan mendata langsung kerumah tinggal dengan daya 900VA, dengan MCB 4 A konsumen menggunakan beberapa beban yaitu kipas angin merek miyako dengan daya 45 Watt, rice cooker merek miyako dengan daya dengan daya 300 Watt , lampu pijar merek Philip dengan daya 60 Watt sebanyak 4 buah, setrika merek Philip dengan daya 320 Watt, kulkas 324 Watt, televisi 42 inch merek LG dengan daya 80 Watt, AC merek daikin dengan daya 380 Watt, water heater apollo125-6 led 600 Watt dan lain-lain.

b. Melakukan perhitungan

Perhitungan dilakukan untuk mengkalkulasi rencana anggaran biaya, pada penelitian ini berisi perencanaan biaya yang dibutuhkan untuk mendesain alat penelitian.

Tabel 1. Total Daya Beban Rumah Tinggal R-1 900 VA, Rp. 1.352/Kw

No.	Jenis beban	Daya beban (Watt)
1.	1 Lampu pijar	60
2.	Setrika	320
3.	Kipas angin	45
4.	Rice cooker	300
5.	3 Lampu pijar	180
Total daya		905

c. Mendesain sistem *monitoring* dan pengendalian beban.

Tahap ini melibatkan proses desain atau rekayasa perangkat lunak atau perangkat keras tertentu. Semua komponen terhubung dengan mikrokontroler, sehingga hasil akhir dari langkah ini adalah sebuah alat yang nantinya akan dihubungkan dengan perangkat lunak pemrograman.

d. Pengujian alat

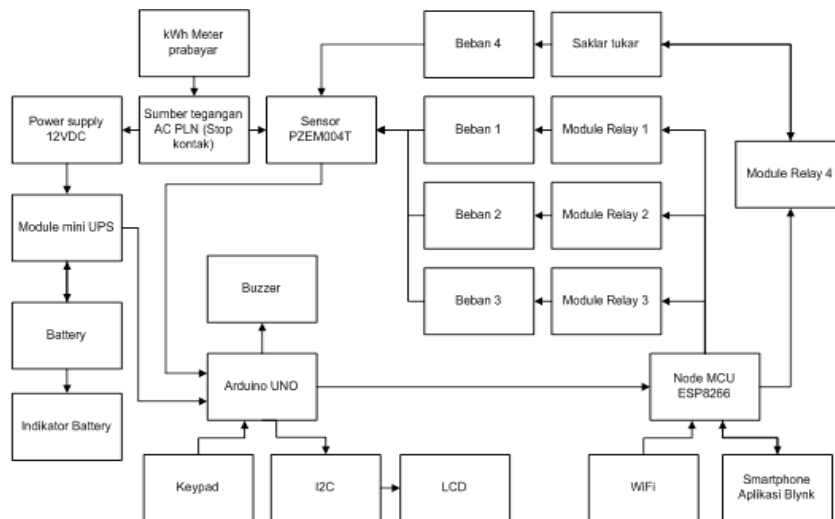
Tahap ini dilakukan pengujian terhadap unjuk kerja alat yang dimulai dari keakuratan data hingga nilai yang dibaca atau dihasilkan oleh setiap pengujian pada setiap komponen, setelah itu pengujian juga dilakukan dengan menyalakan peralatan listrik. . atau peralatan rumah tangga dalam penggunaan yang konsisten dan normal. Hasil pengujian kemudian dirangkum dan dijelaskan dalam penelitian ini.

e. Analisa dan Kesimpulan

Tahapan ini dilakukan untuk mengecek hasil sistem yang dibuat apakah sesuai dengan perencanaan ataupun belum yang bertujuan agar sistem yang dibangun memiliki akurasi yang tinggi serta menyimpulkan dari sistem keseluruhan kerja alat.

4. Blok Diagram Penelitian

Untuk memudahkan mempelajari dan memahami sistem operasi alat ini, maka disusunlah rencana berdasarkan diagram blok, dimana setiap blok mempunyai fungsi dan cara pengoperasiannya masing-masing.



Gambar 4. Diagram blok sistem kerja alat

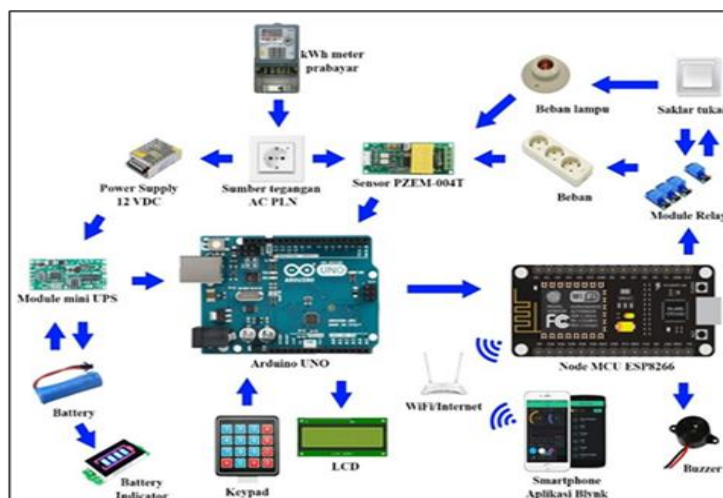
Dari Gambar 4 dapat dijelaskan prinsip kerja alat *monitoring* sebagai berikut:

- a. Langkah awal alat *monitoring* harus mendapat *supply* dari sumber tegangan AC PLN dan sensor PZEM004T akan membaca adanya tegangan dari sumber AC PLN, dan sumber tegangan AC PLN ini dihubungkan secara paralel dengan beban. Jika sensor PZEM004T mendeteksi adanya beban yang terpakai maka sensor PZEM004T akan membaca nilai arus, daya dan cos phi pada beban tersebut. Kemudian data tersebut akan diproses oleh mikrokontroler Arduino UNO dan ditampilkan pada LCD sebagai informasi untuk konsumen. Selain itu data tersebut juga akan dikirim ke aplikasi *blynk* pada *smartphone* konsumen secara *real time* [12].
- b. Pada alat *monitoring* ini mikrokontroler Arduino UNO juga terhubung ke module mini UPS. Mini UPS terhubung dengan power *supply* 12VDC dan *battery*.

- c. Setelah sistem alat *monitoring* aktif, langkah selanjutnya adalah menyesuaikan jumlah nilai kWh yang ada pada kWh meter Prabayar dengan nilai kWh yang ada pada alat *monitoring*. Penyesuaian ini dilakukan melalui input *keypad*. Data yang di-input oleh *keypad* akan disimpan di memori EPROM yang ada pada mikrokontroler Arduino.
- d. Setelah nilai kWh yang diinput telah berhasil disimpan, maka data tersebut akan ditampilkan pada LCD dan juga diteruskan ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
- e. Setelah data diterima oleh NodeMCU ESP8266 kemudian data tersebut akan dikirim ke server *blynk* cloud dan mengirimkannya secara *real time* ke *smartphone* pada aplikasi *blynk*.
- f. Setelah adanya pemakaian beban, secara otomatis nilai kWh yang ada pada kWh meter Prabayar akan berkurang. Begitu juga dengan nilai kWh yang ada pada alat *monitoring*. Selain menampilkan data tegangan, arus, daya dan cos phi, alat *monitoring* ini juga menampilkan data kWh tersisa (tersedia), energi listrik yang terpakai dan jumlah rupiah.
- g. Alat *monitoring* ini juga bisa mengendalikan beban secara jarak jauh menggunakan *smartphone* melalui aplikasi *blynk* [14]. Pada alat *monitoring* ini terdapat satu beban lampu yang bisa dikendalikan dua arah, yaitu melalui saklar tukar dan juga menggunakan *smartphone* melalui aplikasi *blynk*.
- h. Untuk memberikan informasi kepada konsumen bahwa jumlah kWh yang tersisa sudah hampir habis, maka *buzzer* pada alat *monitoring* akan berbunyi dan beban yang tidak diprioritaskan akan terputus secara otomatis. Informasi ini juga akan dikirimkan ke *smartphone* konsumen melalui aplikasi *blynk*. Pada alat *monitoring* ini diprogram dengan set point $\leq 4,99$ kWh.
- i. Beban yang tidak diprioritaskan tersebut tidak bisa dinyalakan kembali selagi jumlah kWh tersisa belum bertambah.
- j. Penambahan nilai kWh pada alat *monitoring* disesuaikan kembali secara manual melalui *keypad* dan jumlah nilai kWh tersebut disesuaikan dengan jumlah kWh meter Prabayar. Jika terjadi pemadaman arus listrik dari PLN, alat *monitoring* ini akan tetap dapat beroperasi melalui *backup supply* dari *battery*. Sehingga alat ini tetap bisa memberikan informasi kepada konsumen.

5. Desain Sistem Kerja Alat

Desain sistem alat merupakan gambaran hubungan keseluruhan komponen pada alat yang dibuat. Masing-masing komponen mempunyai fungsi dan perannya tersendiri. Pada tahap ini penting untuk menentukan bahan dan peralatan yang akan digunakan.



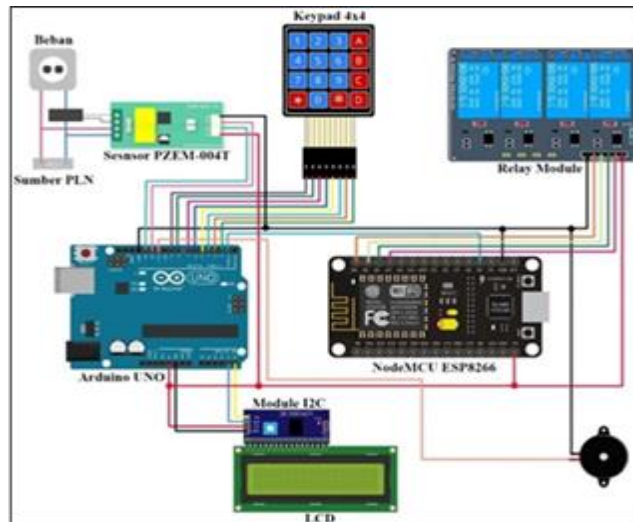
Gambar 5. Desain Sistem

Berikut adalah penjelasan fungsi dari masing-masing setiap komponen yang ada pada Gambar 5.

- a. Arduino UNO berfungsi sebagai mikrokontroler utama atau *transmitter* data yang mana Arduino UNO ini mengolah data yang dibaca oleh sensor PZEM004T dan juga *keypad*. Kemudian menampilkan data tersebut ke LCD. Selain menampilkan data ke LCD, data tersebut akan dikirimkan juga ke NodeMCU ESP8266 melalui komunikasi serial.
- b. ESP8266 berfungsi sebagai mikrokontroler kedua atau sebagai *receiver* data dari Arduino UNO, yang mana ESP8266 ini akan meneruskan atau mengirimkan data yang diterima dari Arduino UNO ke *blynk*. Selain itu, ESP8266 ini akan mengontrol *output* berupa *buzzer* dan *relay* yang terhubung ke beban. ESP8266 ini akan terhubung internet dan akan terus mengirim data secara *real time*[15].
- c. *Keypad* berfungsi sebagai *input* data nilai kWh yang disesuaikan dari kWh meter Prabayar.
- d. LCD I2C berfungsi untuk menampilkan semua data yang terbaca oleh sensor PZEM004T dan juga menampilkan kalkulasi Rupiah, energi yang terpakai dan energi yang tersisa.
- e. Sensor PZEM004T berfungsi sebagai membaca tegangan, arus, daya dan $\cos \phi$ [16].
- f. kWh meter Prabayar berfungsi sebagai pembanding terhadap alat *monitoring* yang akan dibuat.
- g. Sumber tegangan PLN berfungsi untuk men-*supply* modul *charger* dan men-*supply* beban yang terbaca oleh sensor PZEM004T.
- h. *Power Supply* 12VDC berfungsi sebagai men-*charger* modul mini UPS.
- i. Modul mini UPS berfungsi sebagai untuk *supply* mikrokontroler ESP8266 dan jika terjadi pemadaman listrik, maka modul mini UPS ini akan tetap mem-*backup supply* dari *battery*.
- j. *Battery*18650 berfungsi sebagai *supply backup*.
- k. *Buzzer* berfungsi sebagai notifikasi jika nilai kWh sudah mencapai *set point*.
- l. *Blynk* berfungsi sebagai menampilkan data dan informasi secara *online* dan *real time* pada *smartphone*.
- m. *Relay* Berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan beban dari sumber listrik.
- n. *Battery indicator* berfungsi sebagai indikasi jumlah kapasitas *battery* yang tersisa.
- o. Saklar tukar berfungsi sebagai menyalakan atau mematikan beban lampu secara manual. Selain itu juga beban lampu juga bias dikendalikan melalui aplikasi *blynk* yang ada di *smartphone*.

6. Wiring Mikrokontroler dan Komponen I/O

Wiring keseluruhan komponen *input* dan *output* dilakukan untuk menghubungkan semua komponen ke mikrokontroler yang digunakan. Mulai dari sensor PZEM004T, LCD, *keypad*, *buzzer* dan module *relay*. Pin IO yang digunakan juga disesuaikan dengan kebutuhan, seperti pin I2C SCL SDA yang terdapat pada pin A4 dan A5 di Arduino UNO, pin komunikasi serial RX TX yang terdapat pada pin 0 dan 1 di Arduino UNO. Rangkaian *wiring* pin IO keseluruhan alat dapat dilihat pada Gambar 6.

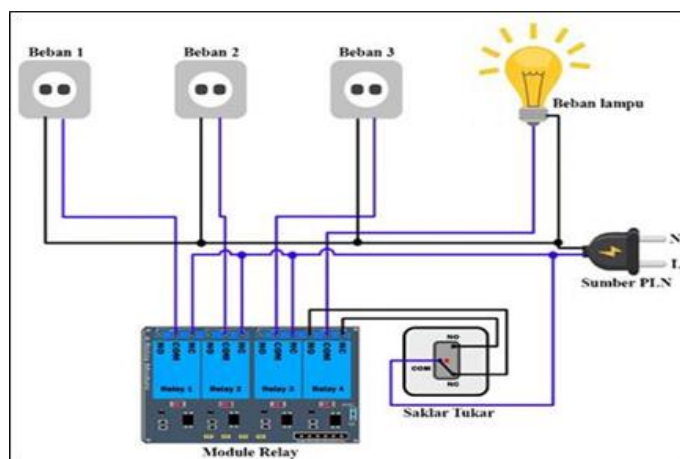


Gambar 6. Wiring komponen input/output

Pada Gambar 6 wiring komponen *input/output* pada sisi kabel VCC atau 5V dihubungkan menjadi satu begitu juga pada sisi kabel GND, yang mana pada implementasinya dihubungkan pada masing-masing pin VCC dan GND yang terdapat pada *shield* Arduino UNO dan *shield* NodeMCU ESP8266.

7. Wiring Kontrol Beban

Wiring kontrol beban adalah rangkaian untuk pengontrolan beban-beban rumah tangga pada umumnya. Pada alat *monitoring* ini pengontrolan dilakukan dengan cara menggunakan module *relay*. Module *relay* inilah yang berfungsi sebagai saklar agar beban bisa dikontrol dari *smartphone* baik secara manual ataupun otomatis berdasarkan *set point*. Selain itu, untuk beban lampu dibuat agar bisa dikendalikan secara dua arah. Bisa dikontrol menggunakan *smartphone* ataupun dikontrol menggunakan saklar yang biasanya saklar yang terinstalasi padadinding rumah. *Wiring* kontrol beban dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Wiring kontrol beban

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Sistem

Hasil Pembuatan sistem alat pengendalian dan *monitoring* beban ini dilakukan sesuai dengan desain perancangan sistem pengendalian dan *monitoring* beban, komponen dirakit dan disusun dalam satu buah *box* yang terbuat dari akrilik seperti pada gambar berikut. Alat ini dibuat untuk me-*monitoring* dan mengendalikan beban secara manual dan otomatis, dari jarak jauh dan jarak dekat. Alat ini terdiri dari Arduino UNO, ESP8266, *keypad*, LCDI2C, sensor PZEM004T, *power supply* 12VDC, modul mini UPS, *battery* 18650, *battery indicator*, *buzzer*, *relay*, saklar tukar.



Gambar 8. Desain alat sistem *monitoring* dan pengendalian beban

Hasil Pengujian dan Monitoring Beban

Pengujian beban dilakukan dengan cara membandingkan data yang terbaca pada alat *monitoring* dengan alat *multifunction* meter. Semua pengujian dilakukan dalam rentang waktu selama 1 jam.

Tabel 2. Pengukuran Daya (*Watt*) Menggunakan *Multifunction* Meter Dan Alat *Monitoring*

No.	Jenis beban	<i>Multi-function</i>	Alat <i>Monitoring</i>	<i>Smartphone</i>
1.	Lampu pijar 60 <i>Watt</i>	61,63	61,70	61,70
2.	Setrika 320 <i>Watt</i>	339,10	341,30	341,30
3.	Kipas angin 45 <i>Watt</i>	43,64	43,60	43,60
4.	<i>Rice cooker</i> 300 <i>Watt</i>	334,10	336,50	336,50

Dari hasil pengujian pengukuran daya (*Watt*) pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa perbedaan selisih eror data yang terbaca antara alat *monitoring* dengan alat *multifunction* adalah 0,59%.

Tabel 3. Pengukuran Energi (*kWh*) Menggunakan *Multifunction* Meter Dan Alat *Monitoring*

No.	Jenis beban	<i>Multi-function</i>	Alat <i>Monitoring</i>	<i>Smartphone</i>
1.	Lampu pijar 60 <i>Watt</i>	0,06	0,06	0,06
2.	Setrika 320 <i>Watt</i>	0,10	0,10	0,10
3.	Kipas angin 45 <i>Watt</i>	0,04	0,04	0,04
4.	<i>Rice cooker</i> 300 <i>Watt</i>	0,33	0,33	0,33

Dari hasil pengujian pengukuran Energi (*kWh*) pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa perbedaan selisih eror data yang terbaca antara alat *monitoring* dengan alat *multifunction* adalah 0%.

Tabel 4. Pengukuran Tegangan (Volt) Menggunakan Multifunction Meter Dan Alat Monitoring

No.	Jenis beban	Multi-function	Alat Monitoring	Smartphone
1.	Lampu pijar 60 Watt	233	231	231
2.	Setrika 320 Watt	226	225	225
3.	Kipas angin 45 Watt	231	229	229
4.	Rice cooker 300 Watt	238	237	237

Dari hasil pengujian pengukuran tegangan (Volt) pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa perbedaan selisih eror data yang terbaca antara alat *monitoring* dengan alat *multifunction* adalah 0,64%.

Tabel 5. Pengukuran Arus (Ampere) Menggunakan Multifunction Meter Dan Alat Monitoring

No.	Jenis beban	Multi-function	Alat Monitoring	Smartphone
1.	Lampu pijar 60 Watt	0,27	0,27	0,27
2.	Setrika 320 Watt	1,50	1,52	1,52
3.	Kipas angin 45 Watt	0,19	0,19	0,19
4.	Rice cooker 300 Watt	1,40	1,42	1,42

Dari hasil pengujian pengukuran arus (Ampere) pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa perbedaan selisih eror data yang terbaca antara alat *monitoring* dengan alat *multifunction* adalah 1,17%.

Tabel 6. Pengukuran Cos Phi (PF) Menggunakan Multifunction Meter Dan Alat Monitoring

No.	Jenis beban	Multi-function	Alat Monitoring	Smartphone
1.	Lampu pijar 60 Watt	0,99	1,00	1,00
2.	Setrika 320 Watt	0,99	1,00	1,00
3.	Kipas angin 45 Watt	0,99	1,00	1,00
4.	Rice cooker 300 Watt	0,99	1,00	1,00

Dari hasil pengujian pengukuran cos phi (PF) pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa perbedaan selisih eror data yang terbaca antara alat *monitoring* dengan alat *multifunction* adalah 1%.

Semua data yang didapat adalah dari pengukuran beban-beban yang dipasang pada alat *monitoring* dan *multifunction* dengan durasi waktu 1 jam. Pemilihan beban berdasarkan nilai daya beban yang bervariasi untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Beban yang digunakan pada pengujian ini adalah lampu pijar, setrika, kipas angin dan *rice cooker*.

Dari % error masing-masing pengukuran seperti daya, energi, tegangan, arus dan cos phi dapat diambil rata-rata nilai 0,68. Jadi dapat disimpulkan bahwa tingkat keakurasian antara alat *monitoring* dengan *multifunction* secara keseluruhan adalah 99,32%.

Hasil Pengontrolan Beban Secara Manual

Pengujian pengontrolan beban dilakukan dengan cara menyalakan dan mematikan beban dari *smartphone*. Pengendalian ini bisa dilakukan dari dekat atau jauh. Selama nodeMCU ESP8266 dan ponsel cerdas terhubung ke Internet, kontrol selalu dapat dilakukan. Khusus pada beban lampu pijar 60 Watt bisa dikontrol dua arah, yaitu dengan menggunakan *smartphone* dan juga menggunakan saklar tukar.

Tabel 7. Pengontrolan Beban Menggunakan *Smartphone*

No.	Jenis beban	<i>Smartphone</i>		Kondisi beban	
		<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
1.	Lampu pijar 60 Watt	o	o	o	o
2.	Setrika 320 Watt	o	o	o	o
3.	Kipas angin 45 Watt	o	o	o	o
4.	Rice cooker 300 Watt	o	o	o	o

Hasil Pengontrolan Beban Secara Otomatis

Pengujian ini dilakukan pada pengaturan beban yang tidak diprioritaskan. Beban yang tidak diprioritaskan disini adalah lampu pijar, dimana lampu pijar akan mati secara otomatis saat energi berada pada *set point* 4,99 kWh dan aplikasi *blynk* akan mengirim notifikasi kepada konsumen. Notifikasi pada aplikasi *blynk* akan dikirim terus menerus satu kali dalam satu menit dan selama konsumen belum melakukan pengisian pulsa maka lampu pijar tidak akan bisa dihidupkan secara manual menggunakan saklar maupun menggunakan aplikasi *blynk*. *Set point* ini bisa dirubah melalui *source code* program.

Tabel 8. Pengontrolan Beban Berdasarkan *Set Point*

<i>Set Point</i> (kWh)	Energi (kWh) alat <i>monitoring</i>	Energi (kWh) <i>smartphone</i>	Kondisi beban
4,99	5,05	5,05	<i>On</i>
	5,04	5,04	<i>On</i>
	5,03	5,03	<i>On</i>
	5,02	5,02	<i>On</i>
	5,01	5,01	<i>On</i>
	5,00	5,00	<i>On</i>
	4,99	4,99	<i>Off</i>
	4,98	4,98	<i>Off</i>
	4,97	4,97	<i>Off</i>
	4,96	4,96	<i>Off</i>

Dari hasil pengujian pengontrolan beban secara otomatis atau pengontrolan berdasarkan *set point*, dapat dilihat bahwa kondisi beban yang dianggap tidak diprioritaskan otomatis padam atau *off* pada saat Energi 4,99 kWh. Kondisi beban akan tetap padam selama konsumen belum melakukan pengisian ulang pulsa atau kWh.



Gambar 9. Tampilan aplikasi *blynk* menerima notifikasi

Notifikasi pada aplikasi *blynk* akan tetap terus diterima satu kali dalam satu menit dan selama konsumen tidak mengisi ulang pulsa atau kWh. Beban yang dianggap tidak diprioritaskan ini juga tidak akan bisa dinyalakan secara manual menggunakan saklar tukar maupun menggunakan *button* kontrol yang ada pada aplikasi *blynk*.

KESIMPULAN

Sistem pengendalian dan *monitoring* beban pada kWh meter Prabayar berbasis *internet of things* ini dapat melakukan penghematan energi dengan cara pengendalian beban secara manual dan otomatis, baik dari jarak dekat maupun jarak jauh. Semakin besar daya yang digunakan maka energi yang terpakai akan semakin besar begitu juga biaya yang digunakan akan besar. Perbandingan antara alat *monitoring* dengan *multifunction* meter mempunyai rata-rata error tegangan 0,64%, rata-rata error arus 1,17%, rata-rata error cos phi 1%, rata-rata error daya 0,59% dan rata-rata error energi 0%. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan antara alat *monitoring* dengan alat ukur *multifunction* adalah 99,32%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Widiyari, F. Rendy, dan W. Styorini, "Sistem Monitoring Daya Listrik dan Pengontrolan Perangkat Elektronik Berbasis IoT," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. dan Ind.*, hal. 342–349, 2020.
- [2] H. B. Santoso, S. Prajogo, dan S. P. Mursid, "Pengembangan Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT)," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 3, hal. 357–366, 2018.
- [3] P. Y. Lakapu, N. Nursalim, dan E. Mauboy, "Sistem Kontrol dan Monitor untuk Manajemen Konsumsi Energi Listrik pada Sistem Kelistrikan Rumah Tangga R-1," *J. Media Elektro*, vol. X, no. 2, hal. 87–93, 2021.
- [4] D. Risqiwati, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Listrik Prabayar dengan Menggunakan Arduino Uno," *Kinetik*, vol. 1, no. 2, hal. 47–54, 2016.
- [5] K. A. Santoso dan D. A. Prasetya, "Rancang Bangun KWh Meter Digital Berbasis IoT," *Simp. Nas. RAPI XIX Tahun 2020 FT UMS*, hal. 39–46, 2020.
- [6] A. M. Hutabarat, R. Nasution, dan Y. Yusmartato, "Rancang Proto Tipe Sistem Monitoring Kondisi Lampu Penerangan Gedung Berbasis IoT," *JET (Journal Electr. Technol.)*, vol. 8, no. 1, hal. 28–31, 2023.
- [7] A. Nurfaizi, "Sistem Monitoring Meteran Listrik Berbasis IoT Untuk Listrik Prabayar," Yogyakarta,

2022. [Daring]. Tersedia pada: Tugas Akhir, Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri, Yogyakarta.
- [8] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, hal. 21–27, 2018.
- [9] H. A. Ghazian, "Monitoring Kebakaran Menggunakan Wemos Berbasis Internet of Things," Yogyakarta, 2019.
- [10] F. Adani dan S. Salsabil, "Internet Of Things: Sejarah Teknologi Dan Penerapannya," *Isu Teknol. STT Mandala*, vol. 14, no. 2, hal. 92–99, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.gsma.com/iot/search/internet-of-things/>
- [11] F. Supegina dan T. Elektro, "Rancang Bangun Iot Temperature Controller Untuk Enclosure BTS Berbasis Microcontroller Wemos Dan Android," *Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 8, no. 2, hal. 145–150, 2017.
- [12] M. Artiyasa, A. Nita Rostini, Edwinanto, dan Anggy Pradifita Junfithrana, "Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Blynk," *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, hal. 1–7, 2021.
- [13] P. Prasetyawan, S. Samsugi, dan R. Prabowo, "Internet of Thing Menggunakan Firebase dan Nodemcu untuk Helm Pintar," *J. ELTIKOM*, vol. 5, no. 1, hal. 32–39, 2021.
- [14] I. Syukhron, R. Rahmadewi, dan Ibrahim, "Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT," *Electr. – J. Rekayasa dan Teknol. Elektro Pengguna.*, vol. 15, no. 1, hal. 1–11, 2021.
- [15] A. J. Asgar, G. B. Putra, dan T. H. Budianto, "Rancang Bangun Alat Pemantau Tegangan, Arus Dan Daya Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Berbasis Arduino Dan Blynk," *Pros. Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Pada Masy.*, hal. 156–161, 2019.
- [16] R. R. Ibrahim dan B. Yulianti, "Rancang Bangun Monitoring Pemakaian Arus Listrik PLN Berbasis Iot," *J. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 1, hal. 43–51, 2022.